

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO SÓCIO - ECONÔMICO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - MESTRADO**

**A ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO:  
METODOLOGIAS DO IMPACTO NOS PREÇOS RELATIVOS  
DE UMA INCIDÊNCIA TRIBUTÁRIO NUM SISTEMA DE IMPOSTOS  
INDIRETOS**

**Marcelo Estrela Fiche**

Florianópolis-SC  
2000

**Marcelo Estrela Fiche**

**A ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO:  
METODOLOGIAS DO IMPACTO NOS PREÇOS RELATIVOS  
DE UMA INCIDÊNCIA TRIBUTÁRIO NUM SISTEMA DE IMPOSTOS  
INDIRETOS**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Economia, na área de concentração em Economia Industrial, ao Centro de Pós Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina.


Orientador: Professor Dr. João Rogério Sanson.

Florianópolis-SC  
2000


INCIDÊNCIA DE IMPOSTOS INDIRETOS E PREÇOS  
RELATIVOS: UMA COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS  
DE INSUMO-PRODUTO

Marcelo Estrela Fiche

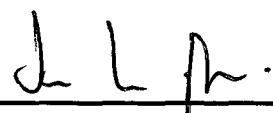
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Economia – Área de concentração: Economia Industrial e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina.

  
Prof. Dr. Laércio Barbosa Pereira  
Coordenador do Curso

**EXAMINADORES:**

  
Prof. Dr. João Rogério Sanson (Presidente) – UFSC

Professor Dr. Duílio Ávila Bêni – PUC/RS

  
Professor Dr. Jean-Luc Rosinger – UFSC

Aprovada em: 10/07/2000

## **Agradecimentos**

### **Meus agradecimentos**

- Primeiramente, a Rogério Sanson, orientador da dissertação, pelo sugestão do tema e o tempo e paciência disponibilizados ao esclarecimento de minhas dúvidas;
- a toda a coordenação do mestrado de Economia da Universidade Federal de Santa Catarina, em especial à Evelise, pelo incentivo a todos os colegas de turma para a consecução de suas dissertações;
- a toda minha família pelo apoio na realização do meu mestrado;
- a Secretaria do Tesouro Nacional, em especial ao ex-secretário Murilo Portugal Filho, por possibilitar a realização dessa especialização;
- a Carlos Coreon, doutorando em matemática pela UNB, pela ajuda na conferência dos resultados;
- aos colegas de trabalho Daniel Balaban, Marisa Durães, Cleber Ubiratan, Julieta Verleun, Márcio Coelho, Alex Benício, João Cordeiro, Lindenberg Bezerra, Ana Teresa, Fátima, Elza e todos os colegas do Ministério da Fazenda.

## Sumário

1	<u>INTRODUÇÃO</u> .....	4
2	<u>A ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO</u> .....	7
2.1	<i>BREVE HISTÓRICO</i> .....	7
2.2	<i>O MODELO ESTÁTICO DE INSUMO-PRODUTO</i> .....	9
2.3	<i>HIPÓTESES BÁSICAS DO MODELO DE LEONTIEF</i> .....	12
2.4	<i>COEFICIENTES TÉCNICOS E DE INTERDEPENDÊNCIA</i> .....	13
2.5	<i>EFEITO NOS PREÇOS</i> .....	17
3	<u>IMPACTO NOS PREÇOS RELATIVOS: METODOLOGIAS</u> .....	22
3.1	<i>METODOLOGIA “POR FORA”</i> .....	23
3.1.1	Método “Por Fora” em termos físicos .....	23
3.2	<i>METODOLOGIA “POR DENTRO”</i> .....	32
4.3	<i>UMA DEMONSTRAÇÃO GERAL</i> .....	35
4.4	<i>IMPACTO RELATIVO DAS DUAS METODOLOGIAS</i> .....	39
5	CONCLUSÃO.....	43
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## LISTA DE QUADROS

Quadro I – Inter-relações entre produto, renda e despesa.....	10
Quadro II – Coeficientes técnicos .....	13
Quadro III – Fluxos de bens e serviços por origem .....	14
Quadro IV – Transações de dois setores hipotéticos .....	18
Quadro V – Variações nos preços e insumos primários .....	18
Quadro VI – Coeficientes técnicos à preços relativos .....	19
Quadro VII – Coeficientes técnicos em termos de preços relativos .....	24
Quadro VIII – Tabela de Insumos por setores produtivos .....	26
Quadro IX – Estrutura de insumos em termos de coeficientes “sem imposto” .....	27
Quadro X – Tabela de Insumos por setores produtivos .....	28
Quadro XI – Estrutura de insumos em termos de coeficientes na metodologia “por fora” no caso 2 setores .....	28
Quadro XII – Variações nos preços da avaliação do Dep. Ponte por Sanson (1994) e Werlang (1994) .....	41

## RESUMO

O Objetivo deste trabalho é avaliar as metodologias de impacto nos preços relativos utilizadas num modelo baseado em insumo-produto. Recentemente, alguns estudos da proposta de reforma tributária do Dep. Roberto Ponte estimaram o impacto nos preços da economia brasileira para o ano de 1993 e 1994, através da matriz de insumo-produto produzida pelo IBGE para o ano de 1980. Na avaliação realizada por Sanson (1994) foi feita menção a diferenciação metodológica na utilização da matriz de coeficientes técnicos nos trabalhos realizados por Werlang (1994) e Filardo (1993). Basicamente, o método de Sanson (1994) que chamaremos de “por dentro” adotou a hipótese de Eris (1983), enquanto que os outros dois estudos citados basearam-se na metodologia do Banco Mundial (1993), intitulada “por fora”. No decorrer do trabalho, utilizamos uma economia hipotética de dois setores para simular os efeitos nos preços relativos das duas metodologias com a finalidade de verificar qual o método tende a replicar os efeitos nos preços caso a matriz fosse em termos físicos. Posteriormente, realizamos uma demonstração algébrica a partir da equação de preços com a introdução de uma matriz diagonal de impostos. Por fim, podemos concluir que o método “por fora”, através da simulação de dois setores, demonstrou não replicar o impacto de um imposto indireto uniforme, enquanto que a metodologia “por dentro” simulou o mesmo impacto em uma matriz de termos físicos. Na demonstração algébrica, ficou claro que o impacto nos preços é maior para o método “por fora”. Cabe ressaltar que o ideal seria realizar a simulação, para os dois métodos, refazendo os cálculos de ambos os trabalhos. No entanto, os trabalhos apresentaram diferenciação para com a proposta de reforma, devido a mesma apresentar duas versões diferentes.

## ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the methodologies of impact on the relative prices used in a model based upon input-output. Recently, some studies on the issue about Tributary Reform Proposal from the Roberto Ponte Department estimated the impact on prices in the Brazilian economy for 1993 and 1994, through the use of the matrix of input-output produced by IBGE for the year of 1980. In the evaluation done by Sanson (1994), it was mentioned a methodological differentiation in the use of the technical coefficient matrix in the work of Werlang (1994) and Filardo (1993). Basically, the Sanson method (1994), which we'll call "por dentro" adopted the hypothesis from Eris (1983), while the other two studies quoted were based upon the methodology of the World Bank (1993), entitled "por fora". In the course of the development of this work, we used a hypothetical economy with two sectors, to simulate the effects on the prices relative to the two methodologies with the purpose of verifying which method tends to replicate the effects on the prices in case the matrix were put in physical terms. Afterwards, we built an algebraic demonstration using the equation of prices inserting a taxes diagonal matrix. In the end, we could conclude that the method "por fora", through the simulation of two sectors, showed not to replicate the impact of an uniform indirect tax, while the methodology "por dentro" simulated the same impact in a physical terms matrix. In the algebraic demonstration, it was clear that the impact on prices is greater in the method "por fora". The best way would be to execute the simulation, for these two methods, repeating the calculations of both works. However, the works presented a differentiation from the Reform Proposal, due the fact that it produced two different versions.



## **1 INTRODUÇÃO**

A partir de 1970, com a elaboração da primeira matriz de insumo-produto, ou Matriz de Relações Intersetoriais, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentando os fluxos em termos de origem e destino dos bens e serviços produzidos no País e importados num dado ano, possibilitou-se o aprimoramento das estatísticas nacionais e melhor adequação aos conceitos econômicos. A elaboração de tabelas de relações intersetoriais desagregadas em níveis setoriais satisfatórios, embora não ideais, criou condições para a realização de diversos trabalhos relacionados com geração e destino de renda, acumulação de capital e efeitos nos preços relativos da economia.

A elaboração de tabelas de insumo-produto permitiu o desenvolvimento de modelos de relações intersetoriais com a finalidade de avaliação de efeitos diretos e indiretos no nível de produção dos diversos setores ou atividades advindos de variações exógenas na demanda final, nos preços, na produção de dado setor etc. Nos últimos anos, com a necessidade de implementação de uma reforma tributária mais equitativa para a economia brasileira, diversos trabalhos têm sido realizados para avaliar o impacto nos

preços relativos de alterações na estrutura tributária nacional. Vale lembrar que, por meio da matriz de impactos (Leontief) ou, ainda, matriz de efeitos diretos e indiretos, pode-se estimar o efeito nos preços relativos, de alterações nas variáveis que mantenham relação constante com o nível de produção (salários, impostos, nas importações).

Recentemente, no Brasil, quatro trabalhos<sup>1</sup> utilizaram o modelo de relações intersetoriais para avaliar o impacto nos preços relativos da proposta de reforma tributária do Deputado Luis Roberto Ponte<sup>2</sup>. O que nos chamou atenção foi a diferença metodológica adotada no tratamento das matrizes de insumo-produto para a economia brasileira do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Em sua análise da proposta de reforma tributária do Deputado Ponte, Sanson (1994) ressaltou uma diferença metodológica na utilização da matriz de coeficientes técnicos na equação de preços<sup>3</sup>. A metodologia utilizada nos trabalhos de Werlang (1993), da Universidade Santa Úrsula (1993) e de Filardo (1993) basicamente recalcula a matriz de coeficientes, após a retirada dos tributos, enquanto que em seu modelo a matriz permanecia a mesma. Ainda, em seu texto, ele afirmava que tal metodologia alternativa tendia a superestimar o impacto dos impostos sobre os preços. No

---

<sup>1</sup> Universidade Santa Úrsula (1993), Filardo (1993), Werlang (1993) e Sanson (1994).

<sup>2</sup> Basicamente, a proposta definia: i) impostos com finalidade arrecadadora: incidente sobre bens e serviços específicos (veículos, cigarros, bebidas, energia, combustíveis e comunicações), impostos sobre transações financeiras destinados ao custeio da Previdência Social (alíquota de 0,2% sobre créditos e débitos bancários ou 0,4% sobre débitos bancários) e contribuição sobre a folha de pagamentos de salários (máximo de 10% incidente sobre quem ganha até 10 salários mínimos); ii) imposto com finalidade de política econômica: imposto sobre comércio exterior e sobre a propriedade imobiliária e deve arrecadar 1% do PIB; iii) imposto sobre o lucro.

Vale destacar que a proposta do Deputado Ponte, na forma como foi analisada nos trabalhos mencionados, foi parcialmente incorporada à atual proposta do Governo. A principal diferença é a inclusão do IVA, que é uma versão bastante modificada do IPI e do ICMS. Na verdade, o próprio Deputado Ponte havia modificado sua proposta nessa direção, embora procurasse dar ao IVA apenas um papel complementar na arrecadação.

<sup>3</sup> As matrizes de insumo-produto permitem a definição de equações de preços a partir da matriz de coeficientes técnicos, como veremos no decorrer do estudo.

entanto, pode-se dizer, também, que a metodologia de Sanson, que segue os mesmos moldes de Eris (1983), subestima o impacto dos impostos sobre os preços relativos.

Essa análise busca avaliar o eventual *viés* das duas metodologias de estimação do impacto nos preços relativos da incidência de impostos. No capítulo II, apresentaremos um referencial teórico da análise de insumo-produto. O capítulo III descreve, sinteticamente, a matriz de relações intersetoriais elaborada pelo IBGE. O capítulo IV descreve as duas metodologias e, por fim, o capítulo V, as principais conclusões.

## **2 A ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO**

### **2.1 BREVE HISTÓRICO<sup>4</sup>**

Os primeiros estudos sobre o equilíbrio econômico surgiram por meio de análises realizadas por economistas neoclássicos, em que se buscava examinar o comportamento dos diversos setores da economia individualmente, como, por exemplo, o equilíbrio entre oferta e demanda das firmas, o chamado “equilíbrio parcial”. Com o advento da escola Keynesiana, fundamentada nos grandes agregados (renda, emprego etc) e em como essas variáveis se relacionavam uma com as outras, passou-se a investigar o comportamento e o relacionamento das diversas variáveis e seu impacto na economia como um todo (“equilíbrio geral”). No entanto, assim como se dava com os neoclássicos, ainda não havia preocupação com a interdependência e estrutura da economia.

---

<sup>4</sup> Ver Yan (1969), Carter (1970), Miernyk (1974).

A preocupação com a interdependência entre os diversos setores começou a tomar forma a partir de meados do século XVIII com o estudo clássico de François Quesnay<sup>5</sup>, intitulado *Tableau Économique*, de 1758. Em 1874, Léon Walras publicou *Eléments D'économie Politique Pure*, onde, pela primeira vez, se verificaram os problemas na determinação do preço, ou seja, a determinação simultânea de todos os preços da economia. O modelo baseava-se em um sistema de equações: uma equação para cada preço a ser determinado, evidenciando-se, assim, a transição do equilíbrio parcial para o geral.

Walras, em sua teoria da produção, utilizou “coeficientes de produção” que eram determinados a partir da tecnologia existente e medidos a partir da soma dos fatores necessários à produção de uma unidade de cada tipo de bem, obtendo-se os preços de todos os fatores de produção e bens acabados. Cabe lembrar que o sistema descrevia a geração de renda e os gastos dos consumidores, como também os custos de produção de cada setor. Com isso, adotadas algumas hipóteses sobre o comportamento dos consumidores e das firmas, as preferências e as condições técnicas de produção, determinava-se o ponto de equilíbrio geral do sistema.

Posteriormente, Gustav Cassel e Vilfredo Pareto deram contribuições substanciais para o modelo. Porém, a primeira aplicação empírica da teoria de equilíbrio geral originou-se do trabalho do professor Wassily Leontief<sup>6</sup>, da Universidade Harvard. Leontief publicou seu primeiro livro sobre insumo-produto em 1941, com o título de *The Structure of American Economy 1919-1929*.

---

<sup>5</sup> Ver Quesnay (1972).

<sup>6</sup> Leontief (1983).

Nessa obra, o autor elaborava a primeira tabela de insumo-produto para a economia americana. A tabela demonstrava, de forma ainda muito agregada, a interdependência de setores. É importante destacar que, com o advento dos computadores, tornou-se possível a desagregação cada vez maior dos setores da economia.

## 2.2 O MODELO ESTÁTICO DE INSUMO-PRODUTO<sup>7</sup>

O modelo de Leontief é baseado na tabela de insumo-produto. O objetivo é determinar qual o nível de produção que cada um dos  $n$  setores deve adotar para satisfazer as demandas finais, seja dos consumidores, do governo, para formação de estoque, seja externa. A tabela também demonstra a quantidade de insumo que cada setor utiliza de outro ou até mesmo do próprio setor para satisfazer a produção demandada de dado produto.

Destaca-se que, ao fazermos uma análise do sistema de insumo-produto, é preciso primeiramente a construção do quadro de transações. O quadro de transações, no modelo aberto<sup>8</sup>, possui, de um lado, a demanda intermediária, onde nas colunas aparecem os produtos e nas linhas os insumos necessários à sua produção. Do outro lado são determinadas exogenamente uma demanda final ou demanda não-intermediária (famílias, governo, setor externo e formação bruta do capital fixo). Ou seja, a tabela indica qual

---

<sup>7</sup> Ver Yan (1969), O'Connor & Henry (1975) e Fontenelle (1980).

<sup>8</sup> O sistema fechado diferencia-se do aberto, como muito bem descrito por Yan (1969), pág. 37-38, por considerar o setor consumo como de produção, onde seus insumos são os bens e serviços de consumo e o seu produto é a mão-de-obra.

parcela da produção de cada setor é destinada ao uso intermediário e qual fração vai para consumo final. Em seguida, determinamos a tabela de coeficientes técnicos que indica qual a fração ou participação do insumo de dado setor na produção de outro.

A tabela de transações demonstra o resultado da atividade econômica num determinado período, em geral um ano. Como sabemos, o Produto Interno Bruto-PIB é o valor dos bens e serviços produzidos no território de um país num determinado ano. O quadro I a seguir demonstra a produção interna bruta total de bens e serviços sob três óticas:

- i) da produção ou origem que representa a contribuição dos diferentes setores produtivos, sendo dada pela diferença entre o valor da produção e o uso de insumos empregados na produção no período;

Considere os valores em unidades monetárias do quadro I:

Valor agregado (V) = vendas totais – insumos =

$$\text{setor 1} = 120 - 66 = 54$$

$$\text{setor 2} = 140 - 74 = 66$$

$$\text{setor 3} = 60 - 50 = 10$$

$$\text{Produto Interno Bruto} = \text{PIB} = 54 + 66 + 10 = 130$$

- ii) destino, ou utilização do produto (consumo, governo etc);

$$\text{PIB} = \text{Consumo} + \text{Gastos do Governo} + \text{exportações} - \text{importações}$$

$$\text{PIB} = C + G + (X - M)$$

$$\text{PIB} = 140 + 30 + (40 - 80) =$$

$$\text{PIB} = 130$$

iii) renda gerada pelos fatores de produção (salários, aluguéis, juros etc);

$$\text{PIB} = \text{rendas geradas} = \text{remuneração do trabalho} + \text{remuneração do capital}$$

$$\text{PIB} = 70 + 60 = 130$$

Cabe ressaltar que a avaliação de cada bem ou serviço é feita pelo seu preço de mercado, que inclui o pagamento de impostos indiretos (líquidos de subsídios). Quando deduzido do PIBpm o valor de impostos indiretos, obtemos o PIB a custo de fatores. Esse valor representa o custo total em que o governo e as empresas têm de incorrer para gerar determinado nível de produção, lembrando que equivale à remuneração dos respectivos fatores de produção. No Quadro I, com base num exemplo numérico, são demonstradas as inter-relações de uma tabela de insumo-produto em unidades monetárias e a obtenção do total do PIB sob as três óticas.

**Quadro I – Inter-relações entre produto, renda e despesa**

	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Vendas intermediárias	Demanda final			vendas finais	TOTAL
					Consumo	Governo	Exportação		
Setor 1	16	4	0	20	80	0	20	100	120
Setor 2	20	30	10	60	30	30	20	80	140
Setor 3	0	10	20	30	30	0	0	30	60
Total de Insumos nacionais	36	44	30						
Importações	30	30	20	80					
Valor Agregado									
capital	20	36	4						
trabalho	34	30	6						
Total do V.Agregado	54	66	10						
TOTAL	120	140	60						



### 2.3 HIPÓTESES BÁSICAS DO MODELO DE LEONTIEF<sup>9</sup>

O modelo estático de Leontief pressupõe algumas condições básicas. A primeira é que os insumos de fator são usados em proporções fixas. Assim, não existe possibilidade de substituição entre os insumos. Segundo, cada setor produz apenas um produto homogêneo. No modelo de insumo-produto, a função de produção utilizada requer uma quantidade mínima de cada insumo por unidade de produção (coeficientes fixos de produção). Portanto, podemos considerar que a função de produção é homogênea de primeiro grau, apresentando retornos constantes de escala.

Vale lembrar que o principal objetivo na teoria da produção é a minimização dos custos de produção, ou seja, como as firmas escolhem, dentre várias alternativas, uma combinação ótima de insumo com a finalidade de minimizar seus custos de produção.

Uma vez que a função de produção utilizada por Leontief é de proporções fixas e, como o próprio nome induz, não permite a substituição entre os fatores de insumo, isso pode ser expresso como o requerimento de uma quantidade mínima de insumo para produzir um dado nível de produto, ou seja,  $x_{ij} \geq a_{ij} X_j$ . A função de produção do setor  $j$  é dado por:

---

<sup>9</sup> Ver Dorfman, Samuelson e Solow (1958), Yan (1969) e Fontenelle (1980).

$$X_i = \min \left\{ \frac{x_{1j}}{a_{1j}}, \frac{x_{2j}}{a_{2j}} \right\},$$

onde  $x_{ij}$  é o insumo do setor  $i$  utilizado pelo setor  $j$  e  $a_{ij}$  é o coeficiente técnico. Nesse caso, não se incluem os coeficientes de fator produção.

## 2.4 COEFICIENTES TÉCNICOS E DE INTERDEPENDÊNCIA

A seguir, vamos descrever os quadros de coeficientes técnicos e o de impactos diretos e indiretos, ou de interdependência, utilizando os valores do quadro de unidades físicas (Quadro I) para o cálculo dos coeficientes.

Como podemos observar, a partir da elaboração da tabela de insumo-produto, para um dado ano, derivamos o quadro II de coeficientes técnicos ou de custos unitários, ou seja, o montante de insumo requerido de cada setor na elaboração de um produto, no valor de 1 unidade, de um dado setor. Ressalta-se que os coeficientes técnicos são calculados para os setores de processamento, podendo ser expressos em termos monetários ou físicos.

Quadro II – Coeficientes Técnicos da Economia de 2 Setores

Insumos	Demanda Intermediária		
	Setor 1	Setor 2	Setor 3
Setor 1	0,1333	0,0286	0,0000
Setor 2	0,1667	0,2143	0,1667
Setor 3	0,0000	0,0714	0,3333
Total de Insumos Nacionais	0,3000	0,3143	0,5000
Tot. de Insumos importados	0,2500	0,2143	0,3333
Valor adicionado (V)	0,4500	0,4714	0,1667
Produção total	1,0000	1,0000	1,0000

Fonte: Calculado com base no quadro I

O quadro II, também, demonstra os efeitos imediatos de uma variação no produto de um dado setor. No entanto, sabemos que, devido a inter-relações entre os diversos setores, uma dada variação na demanda final de determinado setor produz efeitos diretos no próprio setor e efeitos indiretos em outros setores fornecedores de seus insumos. Destarte, devemos calcular a tabela de efeitos diretos e indiretos, ou coeficientes de interdependência a partir da tabela de coeficientes técnicos.

É importante destacar que para facilitar a manipulação algébrica e em função do sistema de insumo-produto basear-se na determinação da interdependência setorial, que utiliza equações simultâneas para determinação de preços e quantidades de equilíbrio, adotaremos de agora em diante símbolos e notações matriciais nas nossas análises. Posteriormente, voltaremos para exemplos numéricos para exemplificar os modelos deste estudo.

O quadro III abaixo apresenta a estrutura básica para a formulação do modelo de Leontief, em que os  $x_{ij}$  representam os insumos utilizados pelos três setores produtivos, e  $Y_i$  agrega todo o consumo final (famílias, governo, exportações e formação bruta de estoque de capital). O  $X_i$  no final das linhas demonstra a produção total daqueles setores, e os elementos da coluna definem a quantidade de insumo que dado setor utiliza dele mesmo e de outros setores para a sua produção total. Com base nos elementos desse quadro, definimos que:

$$\begin{aligned} X_1 &= x_{11} + x_{12} + x_{13} + Y_1 \\ X_2 &= x_{21} + x_{22} + x_{23} + Y_2 \\ X_3 &= x_{31} + x_{32} + x_{33} + Y_3 \end{aligned}$$

(2.1)

Quadro III – Fluxos de bens e serviços por origem

Insumos/setor	Demanda Intermediária			Demanda Final	Produção total
	Setor 1	Setor 2	Setor 3		
Setor 1	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$Y_1$	$X_1$
Setor 2	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$Y_2$	$X_2$
Setor 3	$x_{31}$	$x_{32}$	$x_{33}$	$Y_3$	$X_3$

Fonte: O'Connor & Henry (1975).

Como visto no Quadro II, determinamos os valores dos coeficientes técnicos de forma geral da seguinte forma:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j},$$

(2.2)

onde  $i$  representa o número da linha e  $j$  o número da coluna. Portanto:

$$\begin{aligned}
X_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + Y_1 \\
X_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + Y_2 \\
X_3 &= a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + Y_3
\end{aligned} \tag{2.3}$$

Manipulando-se a equação anterior, temos:

$$\begin{aligned}
(1 - a_{11})X_1 - a_{12}X_2 - a_{13}X_3 &= Y_1 \\
-a_{21}X_1 + (1 - a_{22})X_2 - a_{23}X_3 &= Y_2 \\
-a_{31}X_1 - a_{32}X_2 + (1 - a_{33})X_3 &= Y_3
\end{aligned} \tag{2.4}$$

A título de exemplo, retomamos os coeficientes técnicos calculados anteriormente e substituímos os elementos  $a_{ij}$  pelos respectivos valores do Quadro II:

$$\begin{aligned}
(1 - 0,1330)X_1 - 0,0286X_2 - 0X_3 &= Y_1 \\
-0,1667X_1 + (1 - 0,2143)X_2 - 0,1667X_3 &= Y_2 \\
-0X_1 - 0,0714X_2 + (1 - 0,3333)X_3 &= Y_3
\end{aligned} \tag{2.5}$$

Como nosso objetivo é determinar os valores dos coeficientes de interdependência, primeiramente devemos expressar os  $X$  em termos de  $Y$ , ou seja, podemos solucionar as equações por álgebra linear ou por inversão de matrizes, obtendo  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$ :

$$\begin{aligned}
X_1 &= 1,1621Y_1 + 0,0432Y_2 + 0,0108Y_3 \\
X_2 &= 0,2523Y_1 + 1,3117Y_2 + 0,3279Y_3 \\
X_3 &= 0,0270Y_1 + 0,1404Y_2 + 1,5350Y_3
\end{aligned} \tag{2.6}$$

Ou, ainda, utilizando notações matriciais:

$$(I - A)X = Y$$

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (2.7)$$

Lembrando que:

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 1,1621 & 0,0432 & 0,0108 \\ 0,2523 & 1,3117 & 0,3279 \\ 0,0270 & 0,1404 & 1,5350 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Tanto o sistema de equações lineares como o de matrizes demonstra que o valor da produção do setor  $X_i$  é função da demanda dos setores  $Y_i$  vezes os seus respectivos coeficientes, ou seja, os coeficientes de interdependência demonstram os efeitos totais de variações na demanda final. Portanto, ao se aumentar a procura de determinado setor, o modelo define em quanto (através do coeficiente de interdependência) se deve aumentar a produção dos setores  $X_1$ ,  $X_2$  ou  $X_3$ .

## 2.5 EFEITO NOS PREÇOS<sup>10</sup>

Podemos estimar variações nos preços relativos, necessárias para aumentar os rendimentos setoriais, sem variar as quantidades dos vários bens produzidos ou o modo de distribuição. Baseados nesse modelo, por exemplo, podemos estimar o

---

<sup>10</sup> Ver Yan (1969), O'Connor e Henry (1975).

impacto de variações nas importações e, conseqüentemente, nos preços relativos da economia, de uma desvalorização cambial.

A fórmula de cálculo, em notação matricial, é a seguinte:

$$P' = V'(I - A)^{-1}$$

onde:

$P'$  é o vetor-coluna dos preços dos produtos,

$V'$  é o vetor linha dos insumos primários ou valor adicionado e

$(I-A)^{-1}$  é a matriz inversa de Leontief.

A seguir o quadro IV apresenta uma economia hipotética de 2 setores, ou seja, optou-se pela utilização de dois setores em vez de três como feito inicialmente, devido à facilidade de manipulação e também em função de o nosso objetivo ser somente avaliar a metodologia. O objetivo desse quadro é representar a derivação da equação de preço citada no parágrafo anterior, na qual vamos determinar para os setores (1) e (2) as variações nos preços resultantes do aumento de determinado montante nos níveis do valor agregado ou insumos primários (capital, trabalho etc).

Quadro IV – Transações de dois setores hipotéticos

Insumos/setores	Demanda Intermediária		Demanda Final	Produção total
	Setor 1	Setor 2		
Setor 1	$x_{11}$	$x_{12}$	$Y_1$	$X_1$
Setor 2	$x_{21}$	$x_{22}$	$Y_2$	$X_2$
Valor adicionado	$V_1$	$V_2$		
Produção total	$X_1$	$X_2$		

Fonte: O'Connor & Henry (1975).

A seguir, construiremos o Quadro V, derivado a partir da multiplicação dos elementos do Quadro IV pelos índices de preços de cada setor. De fato, ao construirmos uma matriz de valor, os índices estão presentes, embora com valor unitário no período-base.

Quadro V – Matriz de Transações com Índice de Preços Relativos

Insumos/setores	Demanda Intermediária		Demanda Final	Produção total
	Setor 1	Setor 2		
Setor 1	$P_1 x_{11}$	$P_1 x_{12}$	$P_1 Y_1$	$P_1 X_1$
Setor 2	$P_2 x_{21}$	$P_2 x_{22}$	$P_2 Y_2$	$P_2 X_2$
Valor adicionado	$V_1$	$V_2$		
Produção total	$P_1 X_1$	$P_2 X_2$		

Fonte: Definido a partir do quadro IV.

Como o nosso objetivo é determinar os coeficientes técnicos a preços de dado ano base, utilizemos a definição segundo a qual  $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$  e  $v_j = \frac{V_j}{X_j}$  para representarmos o Quadro VI. A partir do Quadro VI serão formadas as equações de preços para essa economia de 2 setores.



Quadro VI – Matriz de preços Unitários

Insumos/Setores	Demanda Intermediária	
	Setor 1	Setor 2
Setor 1	$P_1 a_{11}$	$P_1 a_{12}$
Setor 2	$P_2 a_{21}$	$P_2 a_{22}$
Valor adicionado	$V_1$	$V_2$
Produção Total	$P_1$	$P_2$

Podemos transcrever o Quadro VI sob a forma de um sistema de equações, para especificar que a receita unitária de um produto iguala seu custo unitário:

$$\begin{aligned} P_1 a_{11} + P_2 a_{21} + v_1 &= P_1 \\ P_1 a_{12} + P_2 a_{22} + v_2 &= P_2 \end{aligned}$$

(3.1)

ou;

$$P' = P' A + V'$$

Dáí:

$$\begin{aligned} P_1(1 - a_{11}) - P_2 a_{21} &= v_1 \\ - P_1 a_{12} + P_2(1 - a_{22}) &= v_2 \end{aligned}$$

(3.2)

ou;

$$\begin{bmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{21} \\ -a_{12} & (1 - a_{22}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

(3.3)

$$(I - A)' P = v$$

ou;

$$P = [(I - A)']^{-1} v$$

(3.4)

Sabendo que;

$$[(I - A)']^{-1} = [(I - A)^{-1}]' \quad (3.5)$$

Então;

$$P = [(I - A)^{-1}]' v$$

$$P' = v'(I - A)^{-1} \quad (3.6)$$

Verificamos que o modelo de insumo-produto de Leontief permite a definição de equações de preços que refletem a estrutura de custos de um determinado setor da economia. Por fim, é importante destacar que, quando são utilizadas unidades físicas no sistema aberto, podemos considerar os preços como variáveis e determinar os preços e níveis de produção de equilíbrio.

### 3 IMPACTO NOS PREÇOS RELATIVOS: METODOLOGIAS<sup>11</sup>

Os primeiros capítulos descreveram uma síntese da análise de Insumo-Produto com o objetivo de subsidiar a avaliação das metodologias utilizadas no impacto nos preços relativos de uma substituição tributária, no caso específico a do Sr. Deputado Roberto Ponte. Nesse capítulo serão apresentadas de forma sintética, ou seja, continuando num modelo hipotético de 2 setores, os efeitos nos preços relativos pelos dois métodos, anteriormente citados. Primeiramente, desenvolveremos o modelo intitulado de “por fora” referindo-se a metodologia adotada pelo Banco Mundial e Werlang (1993); posteriormente, o modelo de Eris (1983) e Sanson (1994), intitulado “por dentro”.

---

<sup>11</sup> Na literatura das finanças públicas, encontramos as nomenclaturas “por dentro” e “por fora”, referindo-se a como incide o imposto. Por exemplo, o ICMS é imposto determinado “por dentro”, ou seja, uma alíquota de 20% “por fora” representa 16,7% se fosse incidente “por dentro”. Suponha “T” uma alíquota “por fora”, “t” “por dentro”,  $P_c$  = preço do consumidor e  $P_v$  = Preço de produto. Logo temos que:

$$P_c = (1 + T)P_v \Leftrightarrow (1 - t)P_c = P_v$$

log o;

$$1 + T = \frac{1}{1 - t} \Rightarrow T = \frac{1}{1 - t} - 1$$

A utilização da nomenclatura “por fora” ou “por dentro” reflete o modo pela qual é aplicada uma substituição de sistema tributário sobre a estrutura de insumos dos setores produtivos de uma dada economia. Como veremos no decorrer da análise, basicamente a diferença está em como é tratada a matriz de coeficientes técnicos.

### 3.1 METODOLOGIA “POR FORA”

O nosso modelo de 2 setores parte de uma matriz de coeficientes técnicos em unidades físicas, em que, num primeiro momento, apresentaremos as várias etapas de determinação de preços e níveis de produção de equilíbrio sem a inclusão de impostos. Por conseguinte, repetimos a operação com a inclusão do imposto indireto com uma alíquota uniforme de 10% para todos os setores.

#### 3.1.1 Método “Por Fora” em termos físicos

Iniciamos com uma matriz de coeficientes físicos de dois setores, adaptada para não haver inconsistências na obtenção da matriz inversa  $I-A$ , onde:

$$A = \begin{bmatrix} 0,1 & 40 \\ 0,01 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

$$v = [4 \quad 100]$$

Considere que o insumo primário ou valor adicionado seja representado por  $v$  ( $v_1 = 4$  e  $v_2 = 100$ ). A matriz  $I-A$  é definida como:

$$I - A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,1 & 40 \\ 0,01 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9 & -40 \\ -0,01 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Invertendo-se a matriz  $I-A$ :

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & 80 \\ 0,02 & 1,8 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Na seção 2.5, determinamos a equação de preços para uma economia com dois setores, lembrando, contudo, que o vetor de preços  $[P_1 \ P_2]$  é na verdade um vetor de índices de preços, em que, na situação inicial,  $[P_1 \ P_2] = [1 \ 1]$ .

A equação (3.6) definiu que  $P' = V'(I - A)^{-1}$ . Portanto, temos que

$$P' = [P_1 \ P_2] = [4 \ 100] \begin{bmatrix} 2 & 80 \\ 0,02 & 1,8 \end{bmatrix} = [10 \ 500], \quad (4.4)$$

onde  $P_1 = 10$  e  $P_2 = 500$  representam os valores de equilíbrio iniciais sem a colocação do imposto.

Ao introduzirmos um imposto uniforme de 10% serão definidos novos preços de equilíbrio. O Quadro VII ilustra o método de determinação das equações de preços com a inclusão do vetor de impostos. Ressalta-se que, através da tabela de insumos dos setores produtivos, elaboramos a tabela da estrutura de insumos produtivos, discriminando os coeficientes para os diversos elementos dos setores produtivos (coeficientes por produto), para o valor adicionado e impostos indiretos. O somatório desses coeficientes ou participações no valor total da produção por setor é 1, que equivale a 100%.

Quadro VII – Coeficientes técnicos em termos de preços relativos

Insumos/Setores	Demanda Intermediária	
	Setor 1	Setor 2
Setor 1	$P_{11}^a$	$P_{12}^a$
Setor 2	$P_{21}^a$	$P_{22}^a$
Valor adicionado	$V_1$	$V_2$
- impostos Indiretos	$T_1 P_{11}^a + T_2 P_{21}^a$	$T_1 P_{12}^a + T_2 P_{22}^a$
Produção total	$P_1$	$P_2$

Pelo quadro acima, podemos novamente definir as equações de preços para esses dois setores, em que, com a introdução do vetor de impostos, obteremos novos valores para o vetor de índice de preços  $[P_1 \ P_2]$ :

$$\begin{aligned} P_1 &= P_{11}a_{11} + P_{21}a_{21} + v_1 + (T_1P_{11}a_{11}+T_2P_{21}a_{21}) \\ P_2 &= P_{12}a_{12} + P_{22}a_{22} + v_2 + (T_1P_{12}a_{12}+T_2P_{22}a_{22}) \end{aligned}$$

(4.5)

ou, em forma matricial,

$$P' = P'(I + T^d)A + V'.$$

Portanto, o vetor de preços é dado por:

$$P' = V'[I - (I + T^d)A]^{-1}.$$

Partindo da matriz de coeficientes físicos e aplicando uma alíquota de imposto de 10%, temos:

$$\begin{aligned}
 I - (I + T^d)A &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,1 & 40 \\ 0,01 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1,1 & 0 \\ 0 & 1,1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0,89 & -44 \\ -0,011 & 1 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

cuja inversa é:

$$[I - (I + T^d)A]^{-1} = \begin{bmatrix} 2,46305 & 108,37 \\ 0,0271 & 2,1921 \end{bmatrix} \tag{4.7}$$

A equação (3.4), com a introdução do imposto, torna-se:

$$P' = [P_1 \quad P_2] = [4 \quad 100] \begin{bmatrix} 2,4631 & 108,37 \\ 0,0271 & 2,1921 \end{bmatrix} = [12,56 \quad 652,69] \tag{4.8}$$

Por conseguinte, com a introdução do imposto, os novos valores dos preços são  $P_1 = 12,56$  e  $P_2 = 652,69$ . Dado isto, a variação nos preços com o imposto  $p_1/p_0$  (%) foi de 25,6% e de 30,5% respectivamente. Cabe destacar que essa simulação em termos físicos apresenta o mesmo resultado nas duas metodologias.

### 3.1.2 Método “Por Fora” em termos monetários

O objetivo da simulação em termos físicos é possibilitar a comparação dos resultados com o modelo apresentado em unidades monetárias, como veremos a seguir. Com a definição dos valores dos preços relativos para uma matriz em termos físicos, viabiliza-se a obtenção da matriz de produção em unidades monetárias e uma nova matriz

de coeficientes técnicos ( $A_0$ ), tanto para o caso sem imposto, como para com a utilização do imposto.

No caso sem imposto, em unidades monetárias temos:

$$\hat{P}A = \begin{bmatrix} P_1a_{11} & P_1a_{12} \\ P_2a_{21} & P_2a_{22} \end{bmatrix}$$

(4.9)

onde  $\hat{P}$  é a matriz  $P$  diagonalizada.

Com base em

$$P' = [10 \quad 500]$$

(4.10)

e em

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 400 \\ 5 & 0 \end{bmatrix}$$

(4.11)

podemos construir o Quadro VIII, que apresenta a tabela de insumos, em unidades monetárias, para o caso sem imposto.

Quadro VIII – Tabela de Insumos por setores produtivos

Insumos/Setores	Demanda Intermediária	
	Setor 1	Setor 2
Setor 1	1	400
Setor 2	5	0
Mão-de-obra	4	100
Produção total	10	500

Com base no Quadro VIII, podemos calcular os coeficientes para essa estrutura de insumos como apresentado no Quadro IX.



**Quadro IX – Estrutura de insumos em termos de coeficientes “sem imposto”**

Insumos/Setores	Demanda Intermediária	
	Setor 1	Setor 2
Setor 1	0,1	0,8
Setor 2	0,5	0,0
Mão-de-obra	0,4	0,2
Produção total	1,0	1,0

Como base no Quadro IX, verificamos que:

$$A = \begin{bmatrix} 0,1 & 0,8 \\ 0,5 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow I - A = \begin{bmatrix} 0,9 & -0,8 \\ -0,5 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

e

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & 1,6 \\ 1 & 1,8 \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

Então,

$$P' = V'(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 0,4 & 0,2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1,6 \\ 1 & 1,8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

### 3.1.3 Método “Por Fora” em termos monetários

Com a introdução do imposto, os valores dos preços relativos passam a ser

$P_1 = 12,56$  e  $P_2 = 652,69$ . Agora os valores de insumos são:

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1,256 & 502,4 \\ 6,527 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

O quadro abaixo demonstra a matriz de insumo-produto em unidades monetárias com o vetor de impostos discriminado. Devemos observar que a alíquota de 10% foi aplicada uniformemente sobre todos os insumos dos setores 1 e 2.

Quadro X – Tabela de Insumos por setores produtivos

Insumos/Setores	Demanda Intermediária	
	Setor 1	Setor 2
Setor 1	1,20	502,40
Setor 2	6,53	0,0
Valor adicionado	4,00	100,00
- impostos indiretos	0,78	50,24
Produção total	12,56	652,69

Com os valores da produção por setor, podemos montar a estrutura de insumos em termos de coeficientes para essa economia com impostos. O Quadro XI, a seguir, apresenta os coeficientes dos insumos dos setores produtivos, da renda gerada e do total de impostos indiretos.

Quadro XI – Estrutura de insumos em termos de coeficientes na metodologia “por fora” no caso 2 setores

Insumos/Setores	Demanda Intermediária	
	Setor 1	Setor 2
Setor 1	0,0999	0,7698
Setor 2	0,5196	0,0000
Valor adicionado	0,3184	0,1532
- impostos indiretos	0,0619	0,0770
Produção total	1,0000	1,0000

Observe que os coeficientes técnicos da *matriz A* foram calculados com a inclusão do vetor de impostos. Dessa maneira, a matriz reflete o caso real de uma matriz como a do IBGE para um dado ano. Entretanto, a metodologia utilizada pelo Banco Mundial, ou “por fora”, para o cálculo do impacto dos impostos, retira o vetor de impostos existente e recalcula os valores dos coeficientes. Dessa forma, a *matriz A* passa a representar a estrutura de insumos limpa de impostos, e o vetor de índices de preços permanece unitário. O Quadro XI apresenta os coeficientes técnicos da matriz de valores livre de impostos.

Como é sabido, a soma dos coeficientes deve ser unitária. No entanto, no método “Por Fora” em termos monetários os valores da linha de impostos são zerados, recalculando-se novos valores para os coeficientes técnicos. Posteriormente, nessa metodologia, a nova estrutura de impostos, que no caso possui alíquota única, é aplicada aos valores dos coeficientes da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 [I - (I + T^d)A] &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,1066 & 0,834 \\ 0,5539 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1,1 & 0 \\ 0 & 1,1 \end{bmatrix} = \\
 &= \begin{bmatrix} 0,8827 & -0,9174 \\ -0,6093 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{4.16}$$

Invertendo-se a matriz, obtemos novamente a matriz de impactos diretos e indiretos com a adoção da metodologia “por fora”:

$$[I - (I + T^d)A]^{-1} = \begin{bmatrix} 3,0889 & 2,8339 \\ 1,882 & 2,7267 \end{bmatrix}
 \tag{4.13}$$

Como o nosso objetivo é descobrir o novo vetor de preços após a inclusão dos impostos, utilizaremos a equação de preços (3.4), substituindo os valores da matriz de impactos e o vetor de valores adicionados, como demonstrado a seguir:

$$\begin{aligned}
 P' &= V' [I - (I + T^d) A]^{-1} = \\
 &= \begin{bmatrix} 3,0889 & 2,8339 \\ 1,882 & 2,7267 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,3395 & 0,166 \end{bmatrix} \Rightarrow \\
 P' &= \begin{bmatrix} 1,3610 & 1,4146 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{4.17}$$

Como se observa, após a inclusão de uma nova estrutura tributária, os valores dos índices de preços variaram em 36,1% e 41,5%, respectivamente para  $P_1$  e  $P_2$ , se comparado à situação inicial sem impostos, em que  $[P_1 \ P_2] = [1 \ 1]$ .

Por fim, evidenciou-se pelos resultados que a metodologia “por fora”, que retira o vetor de impostos e recalcula a matriz  $A$ , de modo que o vetor de índices de preços volte a ser unitário, faz uma nova incidência do novo sistema tributário, que no caso hipotético corresponde a 10% uniforme. Com isso, observamos que a variação no vetor de preços se diferenciaria caso a matriz  $A$  fosse em termos físicos, onde a variação foi de 25,6% e de 30,5%, respectivamente para  $P_1$  e  $P_2$ .

O que deve ser observado é que, na simulação inicial, partiu-se de uma matriz em termos físicos, sem a introdução de um sistema tributário, em que os preços eram unitários, e posteriormente aplicou-se um alíquota de imposto uniforme com o objetivo de se determinar a variação no índice de preços. A utilização inicial da matriz em

termos físicos visa possibilitar a comparação da introdução de um sistema tributário com o caso em que a matriz é composta de fluxos monetários, como é o caso dos métodos analisados.

Vale lembrar que, por definição, a introdução de um sistema tributário deveria replicar o impacto no vetor de índice de preços, tanto para o caso da matriz em termos físicos, como para fluxos monetários. A seguir, analisaremos os efeitos da utilização do método “por dentro”, objetivando verificar a variação no vetor de índice de preços, como no caso anterior.

### 3.2 METODOLOGIA “POR DENTRO”

A avaliação da metodologia “por dentro” também parte da definição de uma matriz de valores a partir de uma matriz de coeficientes físicos. Como os valores da matriz apresentada no Quadro IX e no Quadro X são os mesmos para ambos os métodos, pois neles constam a situação inicial antes da substituição do sistema tributário, iniciaremos o desenvolvimento da metodologia supondo-se dados os valores da matriz antes da substituição.

Na metodologia “por dentro”, a matriz de coeficientes técnicos é determinada sem a exclusão do vetor de impostos como no método anterior, em que se retirava a linha de impostos e se recalculavam novos valores da *matriz A*. Observa-se que o vetor de preços permanece um vetor de índice de preços unitário. No método anterior, ao

se recalcular a matriz sem o vetor de impostos, os valores dos coeficientes técnicos sofrem alterações no seu valor ( $A_1 > A_0$ ).

Neste método, no caso de uma substituição tributária, retira-se a linha de imposto e incide-se o novo sistema tributário sem o recálculo da *matriz A*, motivo pelo qual é chamado de “por dentro”

Iniciando-se a simulação, o primeiro passo seria determinar os preços no caso sem imposto. No entanto, esse processo foi descrito nas matrizes em (4.10) da metodologia “por fora”. O objetivo agora é verificar se, com a retirada do vetor de impostos, a variação no vetor de preços refletiria a variação caso a matriz fosse em termos físicos. Assim, considerando-se

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0,1 & 0,769 \\ 0,519 & 0 \end{bmatrix}$$

e; (4.15)

$$(I - A_1) = \begin{bmatrix} 0,9 & -0,77 \\ 0,519 & 1 \end{bmatrix}$$

ao se inverter a matriz, temos:

$$(I - A_1)^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & 1,54 \\ 1,04 & 1,8 \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

Na metodologia “por fora”, após a determinação da nova matriz de coeficientes técnicos houve a inclusão do novo sistema tributário (alíquota uniforme de 10%) e avaliou-se a variação ocorrida nos preços. No presente método, iremos calcular a variação no vetor de preços ao desconsiderarmos o vetor de impostos.

Com a determinação da matriz inversa, podemos aplicar a equação de preços  $P' = v'(I - A)^{-1}$ .

$$P' = v'(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 0,318 & 0,153 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 1,53 \\ 1,03 & 1,8 \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

$$= \begin{bmatrix} 0,796 & 0,766 \end{bmatrix}$$

A equação acima demonstra a variação negativa nos preços da matriz de valores que não inclui o vetor de imposto, ou seja, os índices de preços representam uma situação sem impostos. Pela equação verifica-se que os preços variaram em -20,4% e -23,4%, respectivamente para  $P_1$  e  $P_2$ , se comparado com a situação inicial sem impostos, em que  $[P_1 \ P_2] = [1 \ 1]$ . Entretanto, à primeira vista esses valores não refletem as variações 25,6% e 30,5% ocorridas na situação, em que os coeficientes eram físicos. Tal fato deveu-se às alíquotas serem introduzidas “por dentro”. Transformando-as em alíquotas “por fora” pela fórmula apresentada na nota de rodapé nº 17, observamos que as variações negativas para  $P_1$  e  $P_2$  são respectivamente de -25,6% e de -30,5%.

Observe-se que essas variações, nesse caso, passam a replicar o modelo da matriz de coeficientes físicos calculado anteriormente. Portanto, ao utilizarmos este exemplo de uma economia com dois setores, verificamos que realmente as metodologias

possuem um viés na sua forma de cálculo. No entanto, o método utilizado pelo Banco Mundial no tratamento da matriz de coeficientes técnicos tende a superestimar o impacto nos preços relativos. Cabe ressaltar que, para uma análise mais aprofundada, o ideal seria refazer este ensaio numa matriz real do IBGE para o caso de uma substituição tributária como objetivaram inicialmente os trabalhos aqui citados. No entanto, como o objetivo maior foi verificar o possível viés, e em vista da dificuldade de obtenção de dados e do tempo demasiado que levaria para manipular uma matriz de 43 setores e 432 produtos, optou-se por um modelo hipotético.

#### **4.3 UMA DEMONSTRAÇÃO GERAL**

Na seção anterior, o *viés* nos métodos de utilização da matriz de coeficientes técnicos foi demonstrado pela utilização de uma economia hipotética de dois setores, por meio de álgebra linear. Agora, é apresentada a demonstração da relação entre a utilização da matriz “A” pelas metodologias “por fora” e “por dentro” a partir da equação de preços com alíquotas de impostos. Essa demonstração reforça a afirmativa de que o recálculo da matriz de coeficientes, após a retirada dos impostos, tende a superestimar o impacto nos preços relativos.



Considere as seguintes hipóteses:

- $A_0 \leq A_1$ , onde  $A_0$  representa a matriz de coeficientes técnicos na metodologia “por dentro” e  $A_1$  a matriz no método “por fora”.<sup>12</sup> É importante destacar que essa desigualdade refere-se aos elementos da matriz e não às matrizes;
- $V'_0 \leq V'_1$ ;  $V'$  representa o vetor do valor adicionado para as duas metodologias;
- $T^d \geq 0$ ; significando que os valores dessa matriz diagonal de impostos são maiores ou iguais a zero;
- a matriz de Leontief  $I - (I + T^d)A$  satisfaz as condições para ter inversa não-negativa.<sup>13</sup>

Com base na equação de preços, com a matriz de impostos, conforme a equação (4.5), podemos representar o vetor de valor adicionado,  $V$ , da seguinte forma:

$$V' = P'[I - (I + T^d)A] \quad (5.1)$$

Portanto, os vetores de valor adicionado são:

---

<sup>12</sup> Essa afirmativa é facilmente contatada, ao observarmos os valores apresentados na matriz hipotética de dois setores, após a retirada do vetor de impostos e o recálculo dos valores dos coeficientes.

<sup>13</sup> Matrizes de insumo-produto em valores satisfazem as condições para a aplicação do Teorema Perron-Frobenius, ou em sua forma particular, das condições de Hawkins-Simon. Com a presença da matriz  $T^d$ , tais condições poderiam ser violadas e agora precisam ser satisfeitas para a matriz  $(I + T^d)A$ . Isto significa que as alíquotas de impostos muito altas podem alterar a condição de não-negatividade da matriz  $(I + T^d)A$ . Ver Dorfman, Samuelson, and Solow (1958, cap.9), Pasinetti (1977, apêndice matemático) e Simon e Blume (1994, p.175).

$$V'_0 = P'_0 [I - (I + T^d)A_0] \quad (5.2)$$

$$V'_1 = P'_1 [I - (I + T^d)A_1]$$

Como  $V'_0 \leq V'_1$ , então  $V'_1 - V'_0 \geq 0$ . Sendo assim, temos que:

$$P'_0 [I - (I + T^d)A_0] \leq P'_1 [I - (I + T^d)A_1] \Rightarrow$$

$$P'_1 [I - (I + T^d)A_1] - P'_0 [I - (I + T^d)A_0] \geq 0 \Rightarrow \quad (5.3)$$

$$P'_1 - P'_0 - P'_1 (I + T^d)A_1 + P'_0 (I + T^d)A_0 \geq 0$$

Somando e subtraindo  $P'_1 (I + T^d)A_0$ ,

$$P'_1 - P'_0 - P'_1 (I + T^d)A_1 + P'_0 (I + T^d)A_0 + P'_1 (I + T^d)A_0 - P'_1 (I + T^d)A_0 \geq 0$$

ou

$$P'_1 - P'_0 - P'_1 (I + T^d)(A_1 - A_0) - (P'_1 - P'_0)(I + T^d)A_0 \geq 0 \quad (5.4)$$

Como  $A_0 \leq A_1$ , temos que  $P'_1 (I + T^d)(A_1 - A_0) \geq 0$ . Somando essa expressão em ambos os lados de (4.23), obtemos:

$$P'_1 - P'_0 - (P'_1 - P'_0)(I + T^d)A_0 \geq 0$$

ou

$$(P'_1 - P'_0)[I - (I + T^d)A_0] \geq 0 \quad (5.5)$$

Dado que supusemos que  $[I - (I + T^d)A_0]^{-1}$  é uma matriz não-negativa, temos que a pós-multiplicação por essa inversa não altera a desigualdade (4.24) e que

$$P'_1 - P'_0 \geq 0[I - (I + T^d)A_0]^{-1}$$

ou

$$P'_1 - P'_0 \geq 0. \quad (5.6)$$

Cabe lembrar que o vetor nulo multiplicado pela inversa de Leontief, incluído o vetor de impostos, resulta num vetor nulo.<sup>14</sup> Portanto, podemos verificar por meio desta demonstração algébrica que o recálculo da matriz de coeficientes técnicos tende a elevar o impacto da incidência de um sistema impostos indiretos no preços relativos de uma economia. Ao avaliar estudos de incidência baseados em modelos de insumo-produto, devemos observar que a utilização de uma das duas metodologias provoca sim, como demonstrado e através da simulação, um impacto diferenciado nos preços relativos

---

<sup>14</sup> Ver Pasinetti (1977, p.238-239).

#### 4.4 IMPACTO RELATIVO DAS DUAS METODOLOGIAS

A proposta de Emenda Constitucional do Deputado Luiz Roberto Ponte sobre a substituição do atual sistema tributário gerou uma série de estudos, como já destacamos. Inicialmente foram feitos estudos pela Universidade Santa Úrsula (Instituto de Ciências Econômicas e Gestão) e pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo, por meio da Professora Maria Filardo, ambos no ano de 1993. No ano de 1994, os professores João Rogério Sanson e Sérgio Werlang também analisaram a proposta.

Conforme citado<sup>15</sup>, a proposta retira a tributação atual (IPI, ICMS, ISS) incidente sobre os setores produtivos e aplica um imposto seletivo sobre seis setores (cigarros, bebidas, combustíveis, energia, veículos e comunicações). Entre os estudos realizados, apenas o de Sanson (1994) considera 136 produtos em vez de 43 setores como os demais.

O objetivo inicial desta seção era selecionar um dos trabalhos que utilizam a metodologia “por fora” e comparar com o método de Eris (1983) adotado por Sanson (1994). Primeiramente, agregou-se os 136 produtos<sup>16</sup> apresentados em Sanson (1994) para os 43 setores utilizados pelos demais. Segundo, bastaria calcular a variação da alíquota

---

<sup>15</sup> Na nota de rodapé nº 2, resumimos os principais pontos da reforma

<sup>16</sup> Para agregar os produtos aos setores, utilizou-se uma média simples dos preços dos produtos, mas o ideal seria a ponderação por sua participação no setor. Contudo, devido ao prazo exíguo para completar este estudo, optou-se por esse método.

efetiva na situação atual e depois da proposta-Ponte e calcular uma média do impacto nos setores, como demonstra o Quadro XV. Feito isto, já se teria uma idéia do viés nas variações dos preços relativos para as duas metodologias.

No entanto, observou-se que os trabalhos divergiam na análise da proposta. Em Santa Úrsula (1993) mencionou-se que dois estudos da proposta Ponte foram apresentados. O primeiro datava de dezembro de 1991 e definia um aumento de 25% (alíquotas) nos preços dos setores de combustíveis, energia e comunicações e uma dada estimativa de arrecadação. O segundo, datado de abril de 1992, alterava as estimativas de arrecadação de todos os impostos e elevava em 40% os preços dos setores combustíveis, energia e comunicações. Cabe destacar que, dentre as quatro avaliações, duas seguiram a primeira versão da proposta, Sanson (1994) e Werlang (1994)<sup>17</sup>, e os outros dois estudos basearam-se na outra versão da proposta, Santa Úrsula (1993) e Filardo (1993). Como os aumentos não foram estipulados de forma uniforme para todos os setores, não isso possibilitou a compatibilização das metodologias, através da equação  $P' = (I + T^d)Ak + V'$ , em que “k” é o vetor de aumento de 25% ou de 40%.

O quadro XII apresentado a seguir mostra as variações das metodologias utilizadas por Sanson (1994) e Werlang (1994). Entretanto, como já dissemos, não é possível afirmar que o montante do viés encontrado refire-se ao método utilizado “por dentro” ou “por fora”.

---

<sup>17</sup> No trabalho de Werlang (1994), constatou-se que a variação dos preços na situação atual e após a reforma Ponte era a mesma contida no trabalho da Santa Úrsula. Contudo, os trabalhos adotaram versões diferentes, ou seja, Werlang baseou-se no aumento de 25% e Santa Úrsula no de 40%, apesar de possuírem as mesmas variações para os preços dos 43

O quadro apresentado a seguir mostra as variações das metodologias utilizadas por Sanson (1994) e Werlang (1994). Entretanto, como já dissemos não é possível afirmar que o montante do viés encontrado refira-se ao método utilizado “por dentro” ou “por fora”. Ou seja, a comparação direta é impossibilitada! A opção seria refazer os cálculos de um dos estudos, o que não foi viável dadas as restrições de tempo e de recursos de pesquisa. Mas é algo que deveria ser feito.

---

setores. Imagina-se que o erro cometido teria sido causado pelo fato de ambos os cálculos efetuados para os estudos terem sido realizados pelo mesmo técnico.

**Quadro XII – Variações nos preços da avaliação do Dep. Ponte por Sanson (1994) e Werlang (1994)**

Atividades	Av. Werlang Var. de alíquota efetiva	Av. Werlang* Var. de alíquota efetiva ajustada	Av. Sanson Var. de alíquota efetiva
Agropecuária	-14,63%	-11,61%	0,30%
Extração Mineral	-13,41%	-10,57%	-1,60%
Extr. De Petróleo	-19,47%	-15,28%	6,15%
Não Metálicos	-15,25%	-11,18%	-1,50%
Siderurgia	-22,96%	-16,58%	-4,20%
Metais Não-Ferrosos	-23,20%	-17,07%	-2,40%
Outros Metais	-24,80%	-17,99%	-6,50%
Fabricação de Maq.	-27,07%	-19,66%	-6,60%
Manutenção de Maq.	-30,24%	-22,40%	-13,60%
Materiais elétricos	-23,92%	-17,38%	-6,00%
Eletrônicos	-35,86%	-24,89%	-6,10%
<b>Automotivos</b>	<b>24,41%</b>	<b>15,89%</b>	<b>-6,30%</b>
Autopeças	-23,01%	-16,99%	-9,60%
Artigos de Madeira	-17,59%	-13,21%	-5,50%
Papel e Mat. Gráfico	-28,05%	-19,62%	-2,90%
Industria da Borracha	-5,76%	-3,91%	-3,00%
Químicos	-11,13%	-8,58%	3,00%
<b>Refino de Petróleo</b>	<b>101,86%</b>	<b>67,05%</b>	<b>7,60%</b>
Outros Prod.Químicos	-18,72%	-13,33%	-1,30%
Prod. Farmaceuticos/Perfumes	-42,76%	-26,92%	-4,10%
Plásticos	11,86%	8,18%	-2,25%
Industria Têxtil	-0,84%	-0,64%	-2,80%
Vestuário	-11,15%	-8,61%	-4,20%
Calçados	-15,43%	-11,58%	-4,80%
Industria do Café	-15,42%	-12,03%	-1,00%
Transformação dos prod. Veg.	-20,09%	-9,78%	-0,87%
Abate e Preparação de Carne	-15,58%	-12,20%	-1,20%
Laticínios	-14,94%	-11,56%	-1,45%
Industria do Açúcar	-15,33%	-11,95%	-1,70%
Óleos Vegetais	-18,37%	-13,60%	-0,30%
<b>Alimentos e Bebidas</b>	<b>18,01%</b>	<b>13,94%</b>	<b>1,30%</b>
Outras Industriais	-12,82%	-10,01%	-5,00%
<b>Eletricidade Água e Esgoto</b>	<b>95,30%</b>	<b>75,98%</b>	<b>9,20%</b>
Construção Civil	-14,35%	-11,35%	-8,60%
Comércio	11,92%	9,83%	3,60%
Transporte	-6,10%	-4,70%	-4,00%
<b>Comunicações</b>	<b>142,22%</b>	<b>113,98%</b>	<b>-9,50%</b>
Instituições Financeiras	2,73%	2,69%	-9,20%
Serviços p/ Famílias	-0,10%	-0,09%	-6,80%
Serviços p/ Empresas	-3,29%	-3,06%	-7,20%
Aluguéis	-4,69%	-4,32%	-3,20%
Administração Pública	5,42%	5,32%	-8,40%
Outros Serviços	30,33%	28,64%	-5,90%

\* O quadro na primeira coluna apresenta a variação no índice de preços demonstrada no trabalho de Werlang (1994), onde o mesmo subtrai as variações nos índices com a utilização do sistema tributário atual com das variações com a proposta do Dep. Ponte. No entanto, o cálculo ideal, utilizado também por Sanson (1994), para sabermos a diferença entre essas duas variações

é;  $\frac{P_p}{P_a} - 1$ , onde numerador representa a variação pós-reforma.

## 5 CONCLUSÃO

Na análise de insumo-produto, para um sistema aberto, os preços são determinados através de um conjunto de equações. A determinação de equações de preços permite, dentre outras análises, obter o impacto de uma mudança no sistema tributário de uma dada economia. No presente estudo, descrevemos duas formas de avaliação do impacto nos preços relativos de uma alteração tributária, com o objetivo de verificar um possível viés nos resultados obtidos pela utilização das duas metodologias sobre os preços relativos. Para isso, foram analisados os trabalhos feitos por Universidade Santa Úrsula (1993), Filardo (1993), Werlang (1994) e Sanson (1994), que avaliaram a proposta de reforma tributária do Ex-Deputado Luis Roberto Ponte. Cabe destacar que apenas o trabalho de Sanson (1994) baseou-se, para avaliação do impacto nos preços, numa metodologia diferente.

Os trabalhos balizaram-se na matriz de 1980 publicada pelo IBGE para determinação impacto nos preços, após à aplicação da proposta do Dep. Ponte. Entretanto,



observou-se que para a atualização do sistema tributário descrito em Ibge (1980) ao sistema da época ( 1993 ou 1994), ambos os trabalhos utilizaram as alíquotas da Secretaria da Receita Federal. Contudo, a forma da aplicação dessas alíquotas na matriz de coeficientes técnicos não foi a mesma para todos os trabalhos, acarretando o primeiro obstáculo para comparação efetiva dos resultados. O capítulo III apresentou uma simulação da utilização das duas metodologias de avaliação, sendo que a metodologia utilizada por Universidade Santa Úrsula (1993), Filardo (1993) e Welang (1994) recebeu o nome de metodologia “por fora”, enquanto que a utilizada por Sanson (1994) chamou-se metodologia “por dentro”<sup>18</sup>

O estudo utilizou uma economia hipotética de setores com objetivo de determinar o viés de resultados, após a manipulação da matriz de coeficientes técnicos. O modelo inicialmente mostrou o impacto das duas metodologias nos preços relativos de uma incidência tributária no caso em que a matriz de coeficientes técnicos era representada em unidades físicas. Posteriormente, realizou-se o mesmo para a matriz de coeficientes em valores ( determinada a partir da matriz em unidades físicas). Verificou-se que a metodologia “por dentro” replicava no caso em valores as variações nos preços relativos da simulação da matriz em termos físicos.

A metodologia “por fora”, no entanto, retira o vetor de impostos da época e recalcula uma nova matriz de coeficientes técnicos. Contudo, a nova matriz de coeficientes continua a possuir a característica de uma matriz com índice de preços unitários, só que sem o vetor de impostos. O recálculo da matriz acarreta o aumento

---

<sup>18</sup> Essa metodologia fora utilizada anteriormente em Eris (1983).

generalizado dos coeficientes técnicos, conseqüentemente, elevando as variações nos preços, após a introdução de um novo sistema tributário.

É importante lembrar que os resultados obtidos, tanto para o caso hipotético de dois setores como na demonstração algébrica não referem-se exatamente aos trabalhos feitos para a proposta do Dep. Ponte. No caso da proposta de reforma, avaliavam-se uma substituição de um sistema tributário por outro. Quando descrevemos o modelo hipotético consideramos uma introdução de um sistema tributário. Para a demonstração algébrica das desigualdades onde verificamos que o método “por fora” tende a superestimar os preços, também não replica o caso de uma substituição tributária. Contudo, a última seção demonstrou, ainda de forma precária, as variações nos preços dos trabalhos pelas duas metodologias, demonstrando a tendência em superestimar os preços.

Por fim, observa-se pelos resultados que a metodologia “por fora” tende a elevar o impacto nos preços relativos de uma alteração tributária. O objetivo desse trabalho foi analisar o possível viés, sem contudo, comparar efetivamente os resultados das duas metodologias. A comparação tornou-se inviável devido aos trabalhos basearem-se na análise de versões diferentes da proposta do Dep. Ponte, acarretando variações absurdas nos preços se comparada a outra metodologia. Deixa-se espaço para a realização de uma pesquisa efetiva das duas metodologias.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Contas Nacionais. *Matriz Insumo Produto, Brasil-1980, Relatórios Metodológicos*. Rio de Janeiro: 1989. 204p. Reprogr.
- CARTER, A.P. & BRÓDY, A ed. *Applications of Input-Output Analysis*. Amsterdam: North-Holland, 1970.
- DORFMAN, R., SAMUELSON, P.A., SOLOW, R. *Linear Programming and Economic Analysis*. New York: McGraw-Hill, 1958.
- ERIS, Ibrahim, *et al.* A distribuição de renda e o sistema tributário no Brasil. In: ERIS, Cláudia C.C. (org) *Finanças Públicas*. São Paulo: Pioneira e Fipe, 1983.
- FILARDO, Maria L.R. *Avaliação da proposta de reforma tributária do Dep. Luís Roberto Ponte*. São Paulo: FIPE, USP, 1993. 27p. (Carta de Conjuntura-Consultoria) Reprogr.

- FONTENELE, Paulo S. *Aspectos tecnológicos da estrutura industrial brasileira: uma análise de insumo-produto*. Rio de Janeiro: BNDES, II Prêmio BNDES de Economia, 1980.
- LEONTIEF, W.W. *A economia do insumo-produto*. Tradução de Maurício Dias David. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- MIERNYK, W. *Elementos de análise de insumo-produto*. Tradução de Augusto Reis. São Paulo: Atlas, 1974.
- MOTTA, João R.S.T. *Comentários ao parecer da Secretaria da Receita Federal sobre o substitutivo do PEC nº 17, do Deputado Luís Roberto Ponte*. Brasília: Assessoria Legislativa, Câmara dos Deputados, 1993.
- O'CONNOR, R. & HENRY, Edmund. *Análise input-output e suas aplicações*. Tradução de Maria Isabel Sanches. Lisboa: Edições 70, 1975. (Biblioteca de Estudos Econômicos)
- PASINETTI, L.L. *Lectures on the theory of production*. New York: Columbia University Press, 1977.
- QUESNAY, François. *Tableau Économique*. London: Macmillan, 1972.
- SANSON, João R. A Proposta de Reforma Tributária do Deputado Luís Roberto Ponte: Uma Avaliação Técnica. FIERGS/CIERGS, jan/1994. Reprogr.
- SANSON, João R. Preços relativos e distribuição de Renda numa reforma tributária. In: "Relações intersetoriais do Mercosul e da economia brasileira: uma abordagem de equilíbrio geral do tipo insumo-produto", organizado por Marco Antônio Montoya. Passo Fundo: Ediupf, 1998.
- SIMON, C.P., BLUME, L. *Mathematics for economists*. New York: Norton, 1994.

STIGLITZ, Joseph E. *Economics of the public sector*. 2ed. New York: Norton, 1988.

UNIVERSIDADE SANTA ÚRSULA. Instituto de Ciências Econômicas e Gestão (ICGE).

*Reforma fiscal: avaliação do projeto Ponte*. Rio de Janeiro: 1993. 30p. Reprogr.

WERLANG, Sérgio R.C. *Avaliação da proposta tributária do Deputado Luis Roberto*

*Ponte*. Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, [1994]. 34p. Reprogr.

WORLD BANK. *Brazil, Agenda for Tax Reform*. Report nº 8147-BR. Feb/1993.

YAN, C.S. *Introduction to Input-Output Economics*. New York: Rinehart & Wiston, 1969.